



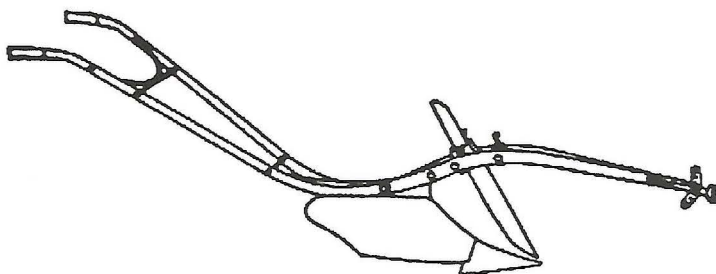
Institutionen för
Markvetenskap
Uppsala

MEDDELANDEN FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Swedish University of Agricultural Sciences,
S-750 07 Uppsala.

Department of Soil Sciences,

Bulletins from the Division of Soil Management



Nr 34

2001

Nina Nordström

**Jordbearbetningstidpunkt på hösten - inverkan på
skörd, markstruktur och kväveminalisering**

*Time of primary tillage in the autumn - influences
on yield, soil structure and nitrogen leaching*

ISSN
ISRN

1102-6995
SLU-JB-M--34--SE

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	1
INLEDNING.....	2
KVÄVEUTLAKNING OCH JORDBEARBETNING	2
LERJORDAR OCH KVÄVEOMSÄTTNING.....	3
JORDBEARBETNING OCH MARKSTRUKTUR.....	4
EXAMENSARBETETS SYFTE	4
MATERIAL OCH METODER.....	5
FÖRSÖKSPLATSER	5
FÖRSÖKSPLAN.....	8
VÄDERFÖRHÅLLANDEN	8
MARKFYSIKALISKA UNDERSÖKNINGAR.....	9
<i>Markens vattenhalt vid bearbetningstillfällena.....</i>	<i>9</i>
<i>Aggregatstorlek efter bearbetning på hösten</i>	<i>9</i>
<i>Såbäddsundersökning på våren.....</i>	<i>9</i>
<i>Cylindrar för genomsläpplighet och skrymdensitet</i>	<i>10</i>
<i>Aggregathållfasthet</i>	<i>10</i>
KVÄVEPROVTAGNING	10
SKÖRD	10
STATISTISK BEARBETNING	11
RESULTAT	11
MARKFYSIKALISKA UNDERSÖKNINGAR.....	11
<i>Markens vattenhalt vid bearbetningstillfällena.....</i>	<i>11</i>
<i>Aggregatstorlek efter bearbetning på hösten</i>	<i>12</i>
<i>Såbäddsundersökning på våren.....</i>	<i>12</i>
<i>Genomsläpplighet och skrymdensitet</i>	<i>14</i>
<i>Aggregathållfasthet</i>	<i>14</i>
MINERALKVÄVE I MARKEN	15
SKÖRD	16
DISKUSSION	18
MARKFYSIKALISKA EGENSKAPER	18
KVÄVEOMSÄTTNING	20
SKÖRD	21
SLUTSATSER.....	21
ABSTRACT.....	22
REFERENSER.....	23

SAMMANFATTNING

För lätta jordar finns rekommendationer om sen plöjning för att minska utlakning av kväve under vintern. På lerjordar finns dock få studier om hur bearbetningstidpunkten påverkar kväveutlakningen. En sen bearbetning vid ogynnsamma förhållanden skulle kunna leda till försämrad markstruktur i marken vilket skulle kunna ge lägre skörd och därmed ett sämre kväveutnyttjande. Syftet med detta examensarbete var därför att undersöka hur tidpunkten för bearbetning på hösten inverkar på markstruktur, kvävemineralisering och växtproduktion på lerjordar.

Försöksplatserna var: Kuddby i Östergötland (mycket styv lera), Ultuna i Uppland (styv lera avsett matjorden, mycket styv lera i alv) och Rydsgård i Skåne (styv lera). Tidig, normal respektive sen plöjningstidpunkt studerades på alla platserna. På Ultuna fanns även dessa tidpunkter med kultivering. Efter bearbetningen på hösten låg marken bar under vintern. Markfysikaliska egenskaper såsom aggregatstorleksfördelning efter bearbetning på hösten, såbäddens uppbyggnad, skrymdensitet, genomsläpplighet och aggregathållfasthet studerades för att undersöka bearbetningstidpunktens effekt på markstrukturen. Kvävemineraliseringen studerades genom att bestämma mängderna mineralkväve (0-90 cm djup) fyra till fem gånger från sen sommar till tidig vår.

Skillnaderna i de markfysikaliska undersökningarna mellan de olika bearbetningstidpunkterna var oftast små. De sammanslagna resultaten pekade på att bäst markstruktur erhöles efter den tidiga plöjningen på Kuddby och Rydsgård, och på Ultuna efter den tidiga eller normala bearbetningstidpunkten. Bearbetning vid de tidpunkter då vattenhalten låg över undre plasticitetsgränsen gav några sämre strukturegenskaper, i vissa fall grövre såbädd, sämre genomsläpplighet och högre aggregathållfasthet, än de bearbetningstidpunkter då vattenhalten låg under undre plasticitetsgränsen.

Plöjningstidpunkt gav stor effekt på kvävemineraliseringen både på Rydsgård och Ultuna. Resultaten för Kuddby var osäkra då analysresultaten hade mycket stor spridning. På Ultuna var skillnaden i mineralkväveinnehåll i december ca 10 kg N/ha mellan varje plöjningstidpunkt och på Rydsgård ca 20 kg N/ha, med högst mineralkväveinnehåll för den tidiga plöjningen. Mineralisering skedde på Ultuna även i perioden från december till mars åtminstone i leden som plöjts vid normal och sen tidpunkt. På Rydsgård skedde minskningar i nitratkväveinnehåll både under höst och vinter med 29, 27 respektive 10 kg NO₃-N/ha för tidig, normal respektive sen plöjningstidpunkt. En stor del kan ha försvunnit genom utlakning, och läckaget var då troligen större ju tidigare bearbetad marken var. På Ultuna kunde endast en liten förlust av nitratkväve på 3 kg NO₃-N/ha ses i det tidigt plöjda ledet.

Inga tydliga skillnader i skörd förekom mellan bearbetningstidpunkterna på någon försöksplats. Dock kan större skillnader i skörd förväntas ett torrare år då speciellt såbädden blir viktigare för grödans etablering.

Sett till resultaten 1999-2000 för markfysikaliska undersökningar, mineralkväveprovtagningar och skörd skulle den bästa kvävestrategin på Rydsgård vara att plöja sent. Då det på Ultuna troligtvis var liten skillnad i kväveutlakning mellan bearbetningstidpunkterna vore det kanske bäst att undvika den sena plöjningen då denna gav sämre markstruktur. Resultat behövs dock för ytterligare år för att kunna ge rekommendationer angående bearbetningstidpunkt med tanke på kväveutnyttjande och markstruktur på lerjordar i olika delar av Sverige.

INLEDNING

Nitrat i brunnar, eutrofiering av sjöar och vattendrag samt övergödning av haven är problem som uppkommer bland annat p g a kväveläckage och kvävenedfall. Av kväveläckaget som uppkommer p g a mänsklig verksamhet har nästan hälften sitt ursprung från jordbruket (Statens Naturvårdsverk & Statistiska Centralbyrån, 2000). Kväveläckaget är störst i södra och sydvästra Götaland. Detta beror på att djurtätheten är hög samt att nederbörden och andelen lätta läckagebenägna jordar är högre än i de mellansvenska jordbruksområdena. Kväveutlakningen i södra Sverige är normalt 15-45 kg N/ha men kan vissa år vara högre (Stenberg et al, 1999).

För att minska kväveläckaget från jordbruksmarken finns regler om höst- och vinterbevuxen mark i södra Sverige. Det finns lagstadgat att minst 60% av åkermarken i Blekinge, Skåne och Hallands län och minst 50% av marken i Östergötland, Jönköpings, Kronobergs, Kalmar, Gotlands och Västra Götalands län måste vara höst- och vinterbevuxen (SFS 1998:915). Resultat har visat att en senareläggning av jordbearbetningen till sen höst eller vår minskat risken för kväveutlakning. Detta gör att man nu förutom höstsådda grödor, fånggrödor mm också godkänner obearbetad mark efter spannmål eller oljeväxtodling som höst- och vinterbevuxen (Lindén et al, 1999). För denna mark gäller att bearbetning tidigast får ske den 20 respektive 10 oktober i de två ovan nämnda områdena (SJVFS 1999:79).

Jordbruksverkets föreskrifter är alltså knutna till län oaktat jordarterna. Studierna som lett fram till föreskrifterna angående obearbetad mark har dock främst skett på lätta jordar. På lerjordar är lite känt hur olika bearbetningsåtgärder påverkar kväveutlakningen (Stenberg & Aronsson, 1999). Den sena bearbetningen vid ogynnsamma förhållanden skulle kunna leda till försämrad markstruktur i matjord och alv vilket skulle ge skördeminskningar och därmed ett sämre kväveutnyttjande (Stenberg & Aronsson, 1999).

Detta examensarbete är del i ett projekt som startade hösten 1999 på Avdelningen för Jordbearbetning, Sveriges Lantbruksuniversitet. Syftet med projektet är att studera plöjningstidpunktens inverkan på markstruktur, kväveminerisering och växtproduktion. Minskad kväveutlakningsrisk p g a senarelagd bearbetning ska vägas mot risken för försämrad markstruktur och lägre skörd som en bearbetning vid olämplig vattenhalt kan leda till på lerjordar.

Kväveutlakning och jordbearbetning

Mängden kväve som kan utlakas från jordbruksmark under höst, vinter och tidig vår beror dels på hur stor mängd kväve som finns kvar i marken efter att kväveupptaget hos grödan upphört och dels hur stor kvävemineriseringen är under vinterhalvåret. Överblivet kväve i marken efter grödans upptag kan minimeras med anpassad kvävegödsling. Fånggrödor kan användas för att ta upp överblivet kväve samt det kväve som frigörs på hösten. Jordbearbetningssystem som minimerar kväveomsättningen under vintern kan också vara ett sätt att minska utlakningen. (Lindén et al, 1999).

Kväveminerisering sker då marktemperaturen överstiger 0°C (Lindén, 1994) och ökar med stigande temperatur (Lloyd & Taylor, 1994). Dock kan nettomineraliseringen vara betydande även vid låga temperaturer (Jensen, 2000, pers medd). Detta kan delvis bero på att

immobiliseringen hämmas mer av låga temperaturer än vad mineraliseringen gör (Jensen, 2000).

Jordbearbetning stimulerar ofta kväve mineralisering i marken. Mekanismerna bakom detta är dåligt undersökta. Dock skriver Lindén (1994) att bearbetning luckrar upp och luftar marken vilket gynnar markbiologiska processer. Jordkokor och andra aggregat bryts sönder och växtrester sönderdelas och blandas in i jorden. I aggregerade jordar skyddas organiskt material i leraggregat och mekanisk störning av dessa jordar ger högre mikrobiell aktivitet vilket kan tyda på att tillgängligheten av det organiska materialet ökar.

Flera studier har visat att tidpunkten för bearbetning har stor betydelse för kväveomsättningen i marken (Hansen & Djurhuus, 1997; Lindén et al, 1999; Stenberg & Aronsson, 1999). Dessa studier som gjorts på relativt lätta jordar har visat att en senareläggning av plöjningen har minskat kväveutlakningen under vinterhalvåret. Detta gäller främst om man inte bearbetar marken under tidig höst då marken är varm och den mikrobiella aktiviteten är större (Lindén et al, 1999).

Lerjordar och kväveomsättning

De flesta studierna av kväveutlakning har utförts på lättare jordar då det är där problemen är störst. Styvare jordar är i regel mindre benägna att läcka kväve (Lindén et al, 1993). Det finns dock några studier av kvävedynamiken på lerjordar i Sverige och en del resultat från dessa redovisas nedan.

Under åren 1992/93 till 1996/97 jämfördes, på en moränlättilera i Skåne, två femåriga växtföljder, som båda uppfyllde Jordbruksverkets regler för höst- och vinterbevuxen mark (Hessel et al, 1998). Led med korn och engelskt rajgräs som fånggröda gav klart lägre utlakning (15-17 kg N/ha) än led med konventionella höstgrödor (20-35 kg N/ha). Rajgräsets kväveupptag under hösten har sannolikt minskat utlakningen, men en del av minskningen kan även bero på minskad kväve mineralisering p g a senarelagd bearbetning. Detta undersöktes dock inte i denna studie. Variationer mellan enskilda år kan vara stora och ett år då avrinningen var stor uppgick utlakningen till 72 kg total N/ha i två led med konventionella höstgrödor.

På en styv lera på Lanna i Västergötland studerades konventionellt bearbetade led utan och med olika fånggrödor samt direktsådd (Lindén et al, 1993). Nitratkväveutlakningen låg i storleksordningen mellan 1 och 12 kg oavsett behandling under åren 1988/89 till 1992/93 med den största delen av utlakningen under vinterhalvåret. Försöket lades om 1993 och olika gödslingsgivor infördes samt det lades till en ruta med ogödslad extensiv vall (Aronsson, 2000). Under perioden 1993/94 till 1999/2000 låg normalgödslade led de flesta åren på en årlig utlakning under 10 kg $\text{NO}_3\text{-N/ha}$. Under 1994/95 då avrinningen var stor var dock utlakningen på normalgödslad direktsått led 37 kg $\text{NO}_3\text{-N/ha}$. Vissa år kan alltså kväveutlakningen bli betydande även på en styv lera. Resultaten är ej entydiga och försöket ska läggas om eftersom de olika rutornas inneboende egenskaper kan ha påverkat resultaten.

I ett annat försök på styv lera på Lanna i Västergötland studeras inverkan av tidig (runt 1 september) och sen jordbearbetning (20-25 oktober) på kväve mineraliseringen under vinterhalvåret (Myrbeck, 2000). Mineralkväveinnehållet i profilen både i december och mars

var något lägre för sen plöjning än tidig plöjning under försöksåren 1997/98 till 1999/2000. Skillnaderna i mineralkväveinnehåll mellan plöjningstidpunkterna var dock små och endast 3 kg N/ha skilde mellan tidig och sen plöjning både sen höst och tidig vår. Halten mineralkväve i profilerna ökade från december till mars för båda plöjningstidpunkterna och det anses att risken för kväveutlakning ej var större efter tidig bearbetning än efter sen. Skördarna varierade inte så mycket mellan leden men tenderade att vara högre i tidigt bearbetade led än i sent bearbetade led. Detta anses kunna bero på att marken fått sämre struktur i de sent bearbetade leden.

Jordbearbetning och markstruktur

I Sverige finns knappt några studier av hur olika vattenhalter vid bearbetningstillfället påverkar resultatet av bearbetningen. Det är dock väl känt att vattenhalten vid bearbetning är viktig både med avseende på bearbetningsresultat och den packning som uppstår vid körning. Jordens bärcapacitet är beroende av vattenhalten och Heinonen (1985) nämner att bärcapaciteten verkar ligga strax under vattenhalten för den undre plasticitetsgränsen. Dexter (2000) skriver att den optimala vattenhalten för bearbetning definieras som den vattenhalt vid vilken ett maximalt antal små aggregat bildas vid bearbetning. För flera jordar har den optimala vattenhalten för bearbetning funnits ligga vid 0,9 x undre plasticitetsgränsen och maximala vattenhalten för bearbetning sätts ofta till undre plasticitetsgränsen (Dexter, 2000).

Att vattenhalten är viktig för en jords bärcapacitet beror på hur vattnet förhåller sig till jordpartiklarna. När marken är torr kryper befintligt vatten upp i hörnen mellan partiklarna och fungerar som ett klister som håller partiklarna på plats. När jorden är våt är den mer packningskänslig. Detta beror på att fritt vatten fungerar som smörjmedel mellan jordpartiklarna. Marken skadas mer ju högre vattenhalten är vid samma belastning (helt vattenmättad jord packas dock inte). Packning innebär att jorden trycks samman och andelen porer minskas. Då jorden sedan torkar upp bildas stora klumpar som är svåra att dela sönder. (Arvidsson & Pettersson, 1995).

Effekter av packning är reducerad rottillväxt och bearbetningsbarhet (p g a minskad porstorlek och ökad mekanisk hållfasthet) samt minskad syretransport och ändrad genomsläpplighet. Ökad mekanisk hållfasthet uppkommer då bindningar mellan jordpartiklarna stärks då de kommer närmare varandra. Högre hållfasthet kan ge negativa effekter som reducerad bearbetningsbarhet och rottillväxt men även positiva effekter som ökad farbarhet och motståndskraft mot packning. Vid packning minskas framförallt mängden stora porer vilket leder till försämrad genomsläpplighet. (Arvidsson, 1997).

Försök med packning före plöjning på hösten (Arvidsson & Håkansson, 1996) gav dels grövre såbädd, högre aggregathållfasthet för torra aggregat samt lägre skörd. Liknande effekter skulle kunna fås av plöjning som utförs vid ogynnsamma förhållanden.

Examensarbetets syfte

Examensarbetets syfte var att undersöka hur bearbetningstidpunkten på hösten inverkar på skörd, markstruktur och kväve mineralisering på lerjordar.

För att undersöka bearbetningsresultatet på markstrukturen bestämdes aggregatstorleksfördelning efter bearbetning på hösten, såbäddens uppbyggnad, skrymdensitet, mättad genomsläpplighet samt aggregathållfasthet på sommaren. Vidare studerades kväve mineraliseringen genom att bestämma mängden mineralkväve i profilen under flera tidpunkter från sen sommar till tidig vår. Med hjälp av dessa undersökningar vägdes sedan risken för kväveutlakning mot risken för försämrad markstruktur och eventuellt sänkt skörd som bearbetning vid ogynnsamma förhållanden kan ge.

MATERIAL OCH METODER

Försöksplatser

Försök lades ut på tre platser i Sverige: Kuddby, på Vikbolandet i Östergötland, Rydsgård, nordväst om Ystad i Skåne och Ultuna, strax söder om Uppsala i Uppland.

För att bestämma jordarter, bindningskaraktäristika samt skrymdensitet grävdes en grop på varje försöksplats och prover togs ut i olika nivåer. För Ultuna togs prover på sju nivåer ner till 90 cm djup (matjorden och sedan var 10:e cm) och för Kuddby och Rydsgård togs prov på tre nivåer ner till 90 cm. Tre cylindrar (50 mm höga och 72 mm i diameter) samt ett stort jordprov togs ut per nivå.

På de lösa jordproven från profilundersökningen utfördes kornstorleksanalys enligt pipettmetoden. Mullhalt beräknades från glödningsförlust och lerhalt. Resultaten från kornstorleksanalysen redovisas i tabell 1. Jordarten var mycket styv lera på Kuddby, styv lera på Rydsgård samt styv lera (matjord) och mycket styv lera (alven) på Ultuna. Lerhalten ökar med djupet på alla tre platserna. På Kuddby förändras dock inte lerhalten så mycket utan ligger mellan 65% och 70% ler genom hela profilen. Ultunas lerhalt går från 56% i matjorden till ca 80% i alven och Rydsgårds lerhalt stiger från 42% i matjorden till 58% djupare ner.

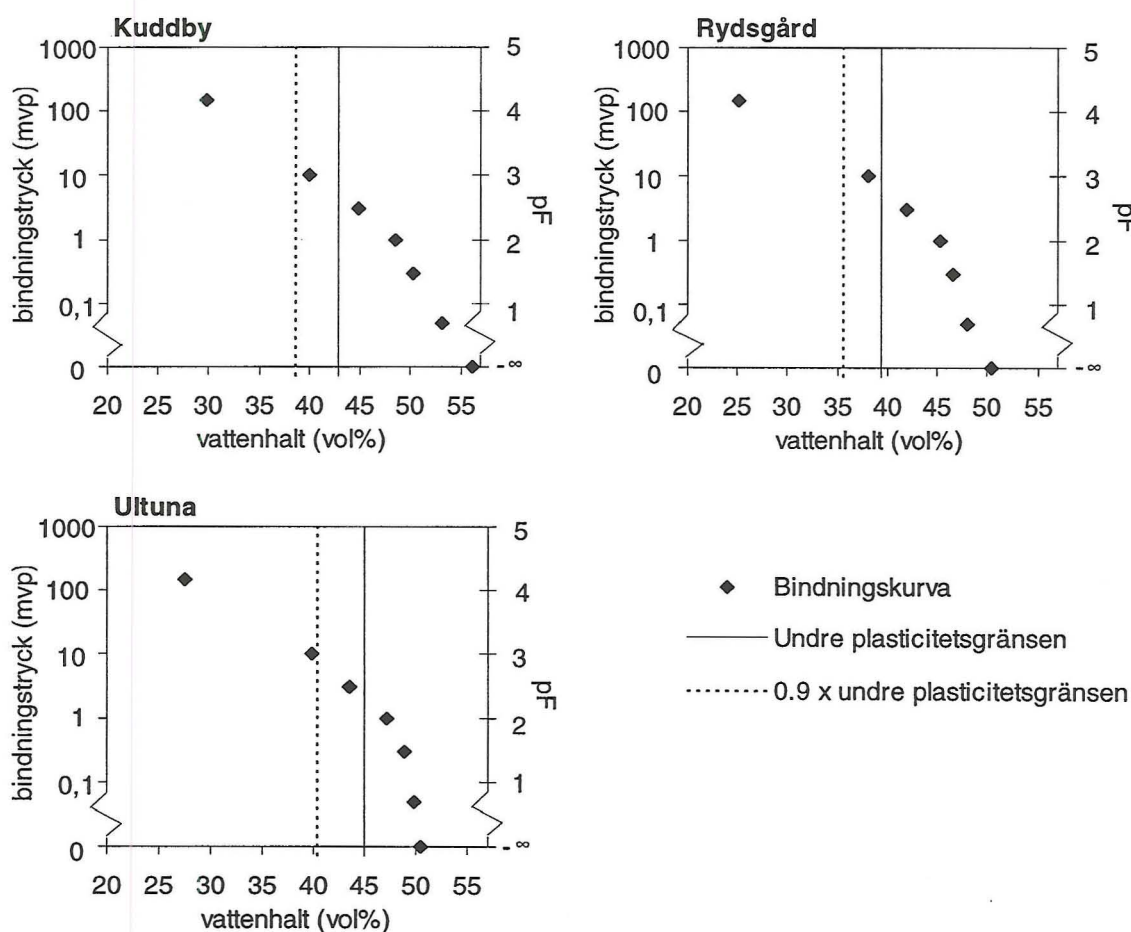
Tabell 1. De olika försöksplatsernas profiler med skrymdensiteter (g/cm^3) samt kornstorleksfördelning (vikt%)

Plats	Djup (cm)	Skrymdensitet	Ler	Mjåla	Mo	Sand	Mull
Kuddby	0-30	1,14	64,5	21,5	8,9	0,9	4,4
	30-60	1,23	69,8	19,5	6,2	0,9	0,5
	60-90	1,31	67,4	20,6	10,6	1,2	0,0
Rydsgård	0-30	1,32	41,9	37,7	11,9	5,7	2,9
	30-60	1,50	55,8	36,0	6,6	1,7	0,0
	60-90	1,47	58,3	36,0	5,2	0,6	0,0
Ultuna	0-30	1,33	56,2	24,2	13,2	2,9	3,4
	30-40	1,33	56,3	24,3	13,0	3,3	3,1
	40-50	1,39	59,0	23,2	15,2	2,5	0,0
	50-60	1,54	43,8	15,7	29,9	10,7	0,0
	60-70	1,26	77,5	12,6	7,8	2,2	0,0
	70-80	1,22	83,1	10,7	4,8	1,6	0,0
	80-90	1,26	76,2	16,9	5,7	1,2	0,0

Jordprov från matjorden togs på varje försöksplats och jordarnas undre och övre plasticitetsgränser bestämdes. Jord blandades med vatten och rullades ut. Den vattenhalt jorden hade då tråden precis började brista vid 3 mm gav undre plasticitetsgränsen. Övre plasticitetsgränsen bestämdes med drop-cone penetrometer (Schønning, 1999, pers medd). Plasticitetsgränserna samt det plastiska talet, som är skillnaden mellan övre och undre plasticitetsgränsen, redovisas i tabell 2. Det plastiska talet beror på lerhalten och lerets egenskaper.

Cylindrarna från profilen på varje försöksplats vattenmättades och utsattes sedan stegvis för allt större undertryck (0,05 mvp, 0,3 mvp, 1 mvp, 3 mvp och 10 mvp). Efter varje steg vägdes cylindrarna och då alla steg var avklarade torkades proverna i 105°C varpå de vägdes igen och skrymdensiteten bestämdes. Vattenhalten i jorden vid tensionen 150 mvp (vissningsgräns) bestämdes på störda jordprover. Även kompaktensiteten bestämdes och porositeten kunde därefter beräknas från skrym- och kompaktensitet. Skrymdensiteterna redovisas i tabell 1.

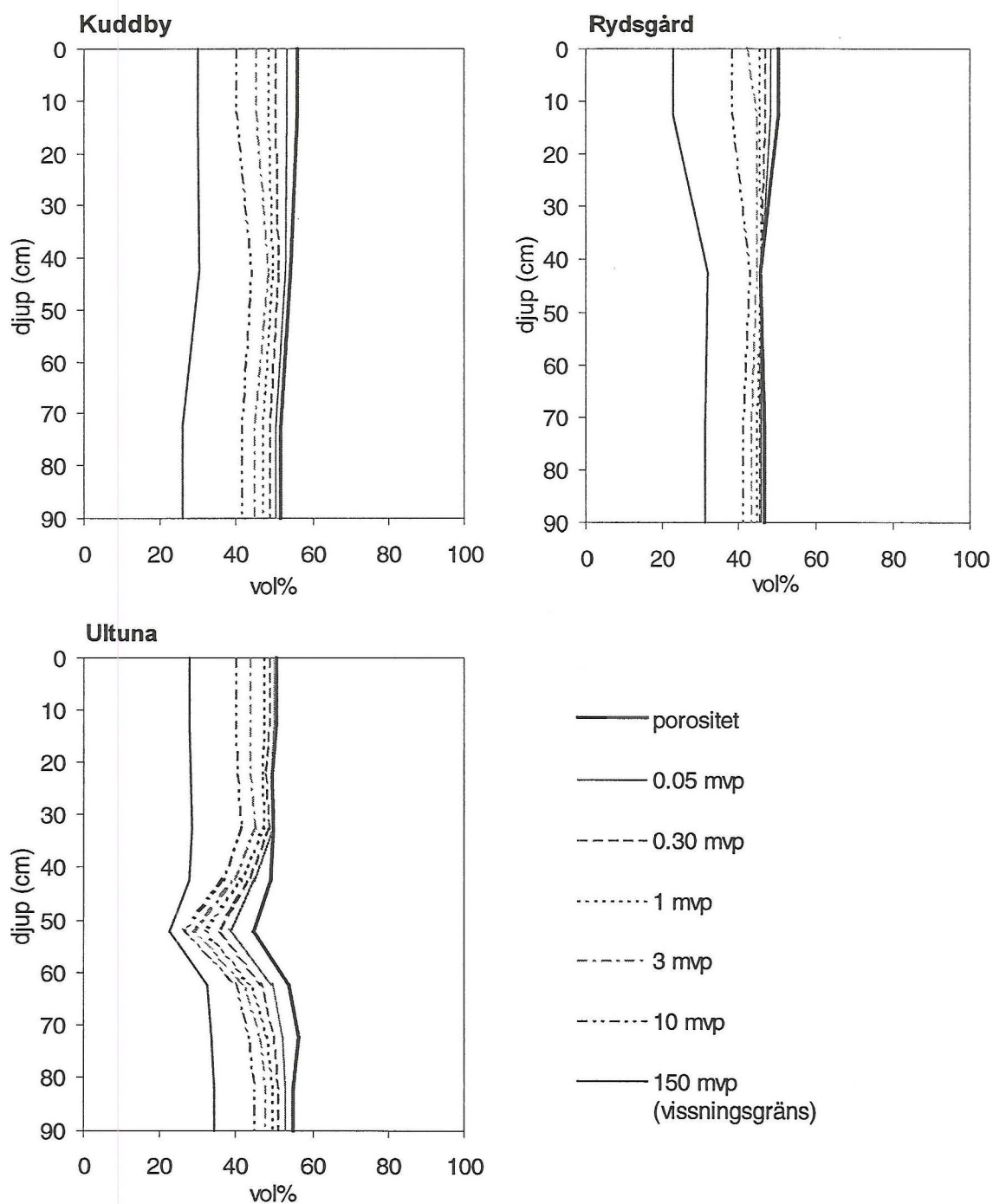
Bindningskurvorna för matjorden (0-30 cm) på de tre försöksplatserna redovisas i figur 1. Här prickades även undre plasticitetsgränsen samt 0,9 x undre plasticitetsgränsen in. Volymsdiagram med tensionskurvor för de tre försöksplatserna presenteras i figur 2. Jordarna håller vatten hårt, vissningsgränsen är hög på alla tre platserna och dessutom kan syretillgången vara dålig.



Figur 1. Bindningskurvor för matjorden på de tre försöksplatserna med vattenhalter angivna i vol%. Vattenhalterna (vol%) för undre plasticitetsgränsen samt 0,9 x undre plasticitetsgränsen är också markerade i diagrammen.

Tabell 2. Vattenhalter för plasticitetsgränser för matjorden angivna i vikt% samt plastiska talet (skillnaden mellan övre och undre plasticitetsgräns)

Plats	Undre plasticitetsgräns	Övre plasticitetsgräns	Plastiska talet
Kuddby	37,6	57,1	19,5
Rydsgård	27,0	47,4	20,4
Ultuna	33,8	49,0	15,2



Figur 2. Volymdiagram med porositet samt tensionskurvor för olika bindningstryck.

Tabell 3. *Försöksled på de tre försöksplatserna*

Plats	Led	Bearbetning	Tidpunkt för bearbetning	
Kuddby och Rydsgård	A	plöjning	tidig	15 augusti – 1 september
	B	plöjning	normal	15 september – 1 oktober
	C	plöjning	sen	tidigast 20 okt i Skåne och 10 okt i Östergötland
Ultuna	A1	plöjning	tidig	augusti
	A2	plöjning	normal	15 september – 1 oktober
	A3	plöjning	sen	tidigast 10 oktober
	B1	kultivering	tidig	augusti
	B2	kultivering	normal	15 september – 1 oktober
	B3	kultivering	sen	tidigast 10 oktober

Tabell 4. *De aktuella bearbetningstidpunkterna för de olika leden och försöksplatserna hösten 1999*

Plats	Tidig bearbetning	Normal bearbetningstidpunkt	Sen bearbetning
Kuddby	20 augusti	1 oktober	1 december
Rydsgård	7 september	6 oktober	18 november
Ultuna	24 augusti	6 oktober	14 december

Försöksled

Försöksled framgår av tabell 3. På Kuddby och Rydsgård fanns tre led med tidig, normal respektive sen plöjningstidpunkt. Försöksdesignen på Ultuna var tvåfaktoriell. Två olika bearbetningsstrategier, plöjning respektive kultivering, låg i storrutor med de tre olika tidpunkterna som sub-led. Alla led hade fyra upprepningar. Kultiveringen utfördes två till tre gånger inom några dagar. Grödorna som odlades 1999 var höstvetete på Kuddby, havre på Rydsgård och korn på Ultuna. Marken låg bar under vintern efter bearbetning och på våren såddes havre på Kuddby och Ultuna och vårvete på Rydsgård.

Då hösten 1999 var mycket torr (se tabell 5b) senarelades både de normala samt sena bearbetningstidpunkterna på några platser för att erhålla några skillnader i vattenhalt mellan de olika bearbetningstillfällena. De aktuella bearbetningstidpunkterna för 1999 redovisas i tabell 4.

Väderförhållanden

Uppgifter om temperatur och nederbörd har hämtats från SMHI:s meteorologiska stationer vid Ultuna, Norrköping och Lund/Skurup, se tabell 5. Hösten och vintern var mild och månadsmedeltemperaturerna var lägst för Ultuna och högst för Rydsgård. Oktober och november 1999 var torrare än normalt medan speciellt december var nederbördsrik.

Tabell 5. Temperatur och nederbörd för Kuddby, Rydsgård och Ultuna med värden hämtade från SMHI:s meteorologiska stationer Norrköping, Lund (temperatur) och Skurup (nederbörd) samt Ultuna

a) Månadsmedeltemperatur i grader Celsius från augusti 1999 till augusti 2000

Plats	aug	sep	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug
Kuddby	16,0	15,1	7,8	4,5	-1,2	0,4	1,0	2,0	6,9	12,6	14,3	15,9	15,6
Rydsgård	17,3	16,3	9,3	5,3	2,4	2,1	3,3	3,7	9,4	13,2	15,1	16,1	16,3
Ultuna	15,1	14,5	7,1	3,9	-2,9	-1,4	-0,9	1,2	6,1	11,8	13,8	15,6	15,0

b) Månadsnederbörd i mm från augusti 1999 till augusti 2000

Plats	aug	sep	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug
Kuddby	57,8	61,3	19,1	12,5	68,6	13,6	27,2	16,0	33,2	35,2	54,0	123,8	50,9
Rydsgård	160,4	46,9	50,8	43,2	130,6	48,9	43,0	88,5	29,7	36,6	62,1	54,7	47,8
Ultuna	32,8	68,4	25,6	9,2	100,4	23,3	11,4	18,9	22,7	39,7	45,7	153,3	18,5

Markfysikaliska undersökningar

Markens vattenhalt vid bearbetningstillfällena

Jordprov för bestämning av markens vattenhalt togs omedelbart före plöjningstillfällena. Ett samlingsprov om sex stick per ruta togs ut med borrh i alla plöjda led. Jorden delades upp i tre nivåer: 0-10 cm, 10-20 cm och 25-35 cm djup. Jorden vägdes och torkades sedan i 105°C varefter vattenhalten bestämdes i vikt% av torrs substans.

Aggregatstorlek efter bearbetning på hösten

Jord samlades in rutvis efter bearbetning på hösten och fick sedan torka. Prov togs i alla rutor i hela det bearbetade lagret, dock togs inget prov vid normal bearbetningstidpunkt på Ultuna. Efter torkning sållades jorden i fraktionerna: <4 mm, 4-8 mm, 8-16 mm, 16-32 mm, 32-64 mm samt >64 mm. Andelen av de olika storleksfraktionerna bestämdes i viktprocent av totalvikten för torra provet.

Såbäddsundersökning på våren

Såbäddsundersökningen utfördes enligt Kritz (1983) med en provplats per ruta. Genom såbäddsundersökningen bestämdes såbäddens djup, ojämnheter i markytan och på såbotten, aggregatstorleksfördelningen och vattenhalten i olika skikt i såbädden samt kärnplacering.

Cylindrar för genomsläpplighet och skrymdensitet

Fyra cylindrar (50 mm höga och 72 mm i diameter) per ruta togs i tre av blocken (i fyra block på Ultuna) i de plöjda leden på nivån 10-15 cm efter sådd på våren. Dessa användes för att bestämma mättad genomsläpplighet och skrymdensitet.

Cylindrarna vattenmättades och genomsläppligheten bestämdes under 1 timmes tid enligt Andersson (1955). Efter genomsläpplighetsmätningarna torkades cylindrarna i 105°C och den torra skrymdensiteten bestämdes.

Aggregathållfasthet

Ett jordprov per ruta togs ut ur centrala matjorden i alla led (ca 10-20 cm djup) under sommaren 2000 för bestämning av aggregatens hållfasthet. Jorden delades försiktigt i mindre aggregat och fick sedan lufttorka. Aggregaten sållades och fraktionen 8-16 mm torkades i ugn i 105°C. Aggregaten placerades i exsickator för att svalna. Hållfastheten bestämdes enligt Dexter och Kroesbergen (1985). Aggregaten vägdes och kraften för att krossa aggregaten mättes. Därefter beräknades hållfastheten, med aggregatens diameter uppskattade från deras vikt.

Kväveprovtagning

Jordprover för bestämning av mineralkväve togs vid fyra eller fem tidpunkter med jordborr. De olika tidpunkterna var: strax före bearbetningarna (tre tillfällen), en månad efter sista bearbetningstidpunkten (denna togs endast på Kuddby) samt tidig vår. Jordprover togs i tre skikt: 0-30 cm, 30-60 cm och 60-90 cm, i tre av blocken i de plöjda leden. Varje rutprov var ett samlingsprov som utgjordes av åtta borrhstick för matjorden och sex stick för alven. Proverna djupfrystes omgående för att inte någon omsättning av kvävet skulle ske.

Analysen utfördes av Avdelningen för växtnäringslära på SLU. Den frysta jorden maldes och extraktion gjordes med 2 M KCl i jord-vätskeförhållandet 100 g:250 ml. Analys av nitrat- och ammoniumkväve skedde kolorimetriskt med en autoanalysator (TRAACS 800, metod nr ST9002-NH₄D och ST9002-NO₃D). Resultaten presenterades sedan efter korrigering för aktuell vattenhalt i kg N/kg torr jord. Mängderna räknades om till kg N/ha med de bestämda skrymdensiteterna för jordprofilerna.

Skörd

Kärnskördarnas storlek bestämdes rutvis. Skördeprodukterna vägdes och provtogs ledvis för analys. Vattenhalt och renhet vid skörden bestämdes, liksom rymd- och tusenkornsvikt.

Statistisk bearbetning

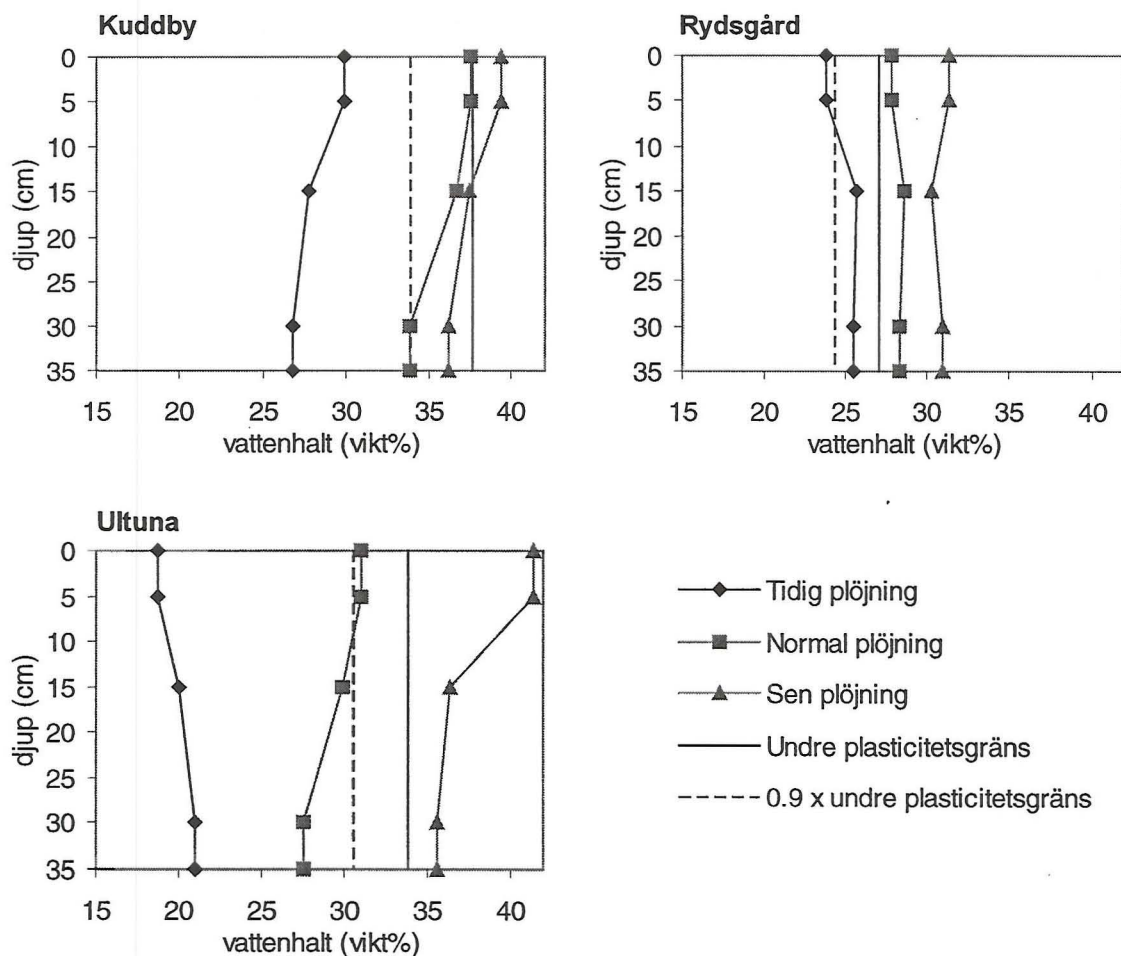
Statistisk bearbetning av resultaten utfördes med variansanalys (SAS, 1985). För analys av genomsläpplighet användes logaritmerade genomsläpplighetskoefficienter. Detta gjordes då värden för genomsläpplighet normalt inte är normalfördelade. Medelvärdena för genomsläpplighet som presenteras är geometriska medelvärden.

RESULTAT

Markfysikaliska undersökningar

Markens vattenhalt vid bearbetningstillfällena

Vattenhalterna vid de aktuella bearbetningstidpunkterna redovisas i figur 3. Även undre plasticitetsgränsen samt 0,9 x undre plasticitetsgränsen är inmärkt så att en uppskattning kan göras av markens lämplighet för bearbetning vid de aktuella tidpunkterna.



Figur 3. Vattenhalt i vikt% av torrsubstans vid bearbetningstillfällena på hösten 1999 på de tre försöksplatserna samt vattenhalterna (vikt%) för undre plasticitetsgränsen och 0,9 x undre plasticitetsgränsen.

Tabell 6. Aggregatstorleksfördelning i % av totalvikt för provet efter bearbetning på hösten för de olika försöksplatserna och leden. Värden för normal bearbetningstidpunkt saknas för Ultuna. Värden med olika bokstäver är signifikant skilda ($P < 0,05$)

Plats	Led	<4 mm	4-8 mm	8-16 mm	16-32 mm	32-64 mm	>64 mm
Kuddby	Tidig plöjning	4,5	5,4a	10,8a	14,6a	11,4a	53,3c
	Normal plöjning	1,4	2,5b	5,0b	6,3b	8,0a	76,8b
	Sen plöjning	0,2	0,3c	0,5c	0,6c	3,2b	95,3a
Rydsgård	Tidig plöjning	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	99,1
	Normal plöjning	0,3	0,2	0,3	0,7	1,0	97,5
	Sen plöjning	0,2	0,3	0,5	0,8	2,5	95,8
Ultuna	Tidig plöjning	0,4	0,6	0,5	0,8	2,1	95,5
	Sen plöjning	1,7	1,7	2,0	3,4	5,0	86,1
	Tidig kultivering	43,2	18,8	9,2	10,4	15,3	3,2
	Sen kultivering	13,9	4,5	3,5	5,0	10,2	62,9
	Plöjning	1,1b	1,2b	1,3b	2,1b	3,6	90,8a
	Kultivering	28,6a	11,7a	6,4a	7,7a	12,8	33,1b
	Tidig	21,8	9,7a	4,9a	5,6	8,7	49,4b
	Sen	7,8	3,1b	2,8b	4,2	7,6	74,5a

Aggregatstorlek efter bearbetning på hösten

Aggregatstorleksfördelningen visas i tabell 6. För Kuddby gällde att ju senare bearbetning ju större andel stora aggregat, den sena plöjningen gav i stort sett bara massiva jordklumpar. Jorden på Rydsgård bestod efter alla bearbetningstillfällena av stora klumpar och inga signifikanta skillnader fanns heller mellan leden. Värden saknas för Ultuna för normal bearbetningstidpunkt då prov ej togs. För kultivering gav tidig bearbetning större andel fina aggregat än sen bearbetning. Dessutom har kultivering gett signifikant större andel fina aggregat än plöjningen. Om endast plöjningen studerades kunde inga säkra skillnader hittas mellan de två tidpunkterna då båda tillfällena gav en stor andel aggregat >64 mm.

Såbäddsundersökning på våren

Aggregatstorleksfördelningen i olika skikt av såbädden redovisas i tabell 7. På grund såbädd på Kuddby togs endast två skikt ut istället för normalt tre.

Skillnader mellan de olika bearbetningstidpunkterna var tydligast på Kuddby. Där gav den tidiga plöjningen flest små aggregat och minst stora aggregat i båda skikten. Dessa skillnader var dessutom signifikanta för den tidiga plöjningen jämfört den sena plöjningen. Andelen stora aggregat i det övre skiktet var också signifikant färre för den första tidpunkten än för den normala. För Rydsgård fanns inga signifikanta skillnader i några skikt, men den tidiga plöjningen gav även här något mer fina aggregat. För Ultuna gav den sena plöjningen den grövsta såbädden, signifikant skild mot de två andra tidpunkterna i översta skiktet. Mellan plöjningstid ett och två var det små skillnader, en något finare såbädd kunde dock ses för tidig plöjning. För de kultiverade leden var skillnaderna mindre. Sammanslaget kan sägas att tidig bearbetning gett en något finare såbädd än de två andra tidpunkterna, dock inga signifikanta skillnader.

Tabell 7. Aggregatstorleksfördelning i tre olika skikt av såbädden (två skikt på Kuddby) uppdelat i tre storleksfraktioner i vol% enligt Kritz (1983). Värden med olika bokstäver är signifikant skilda ($P < 0,05$)

Plats	Led	Skikt 1			Skikt 2			Skikt 3		
		<2 mm	2-5 mm	>5 mm	<2 mm	2-5 mm	>5 mm	<2 mm	2-5 mm	>5 mm
Kuddby	Tidig plöjning	40,2a	32,8	27,0b	67,7a	23,8	8,5b	-	-	-
	Normal plöjning	33,7ab	30,6	35,7a	58,3a	29,5	12,2b	-	-	-
	Sen plöjning	22,3b	26,2	51,5a	44,6b	36,3	19,0a	-	-	-
Rydsgård	Tidig plöjning	30,9	30,9	38,2	44,4	34,3	21,4	55,7	31,8	12,4
	Normal plöjning	22,8	30,4	46,8	29,7	39,8	30,6	56,0	28,4	15,7
	Sen plöjning	23,0	28,8	48,2	40,7	35,0	24,3	51,3	33,3	15,3
Ultuna	Tidig plöjning	46,2	27,2	26,6	51,9	28,5	19,6	72,3	18,8	8,9
	Normal plöjning	49,5	19,1	31,4	52,7	21,9	25,4	69,8	19,8	10,4
	Sen plöjning	40,4	18,6	41,0	43,6	23,1	33,4	59,1	25,0	15,9
	Tidig kultivering	54,2	18,8	27,0	58,4	21,0	20,6	66,0	21,0	13,0
	Normal kultivering	45,2	15,7	39,1	55,9	17,2	26,8	67,3	16,7	16,0
	Sen kultivering	51,8	16,8	31,3	59,3	15,1	25,6	66,7	16,6	16,7
	Plöjning	45,4	21,6a	33,0	49,4	24,5	26,1	67,1	21,2	11,7
	Kultivering	50,4	17,1b	32,5	57,9	17,8	24,3	66,7	18,1	15,2
	Tidig	50,2	23,0a	26,8	55,2	24,8a	20,1	69,2	19,9	11,0
	Normal	47,4	17,4b	35,3	54,3	19,6b	26,1	68,6	18,3	13,2
	Sen	46,1	17,7b	36,2	51,5	19,1b	29,5	62,9	20,8	16,3

Tabell 8. Vattenhalter angivna i vikt% i de olika skikten av såbädden samt i såbotten. Inga signifikanta skillnader erhöles mellan leden

Plats	Led	Skikt 1	Skikt 2	Skikt 3	Såbotten
Kuddby	Tidig plöjning	9,3	17,4	-	35,3
	Normal plöjning	10,0	16,8	-	36,3
	Sen plöjning	10,3	17,8	-	35,7
Rydsgård	Tidig plöjning	6,1	7,5	9,8	21,7
	Normal plöjning	5,5	6,9	9,2	22,7
	Sen plöjning	5,7	7,3	10,1	24,0
Ultuna	Tidig plöjning	19,0	17,6	15,2	26,0
	Normal plöjning	18,3	19,0	18,3	28,9
	Sen plöjning	20,3	20,9	19,3	29,1
	Tidig kultivering	20,5	21,1	21,2	28,0
	Normal kultivering	21,3	19,9	19,2	29,3
	Sen kultivering	19,3	18,9	18,8	29,2
	Plöjning	19,2	19,2	17,6	28,0
	Kultivering	20,4	20,0	19,7	28,8
	Tidig	19,8	19,4	18,2	27,0
	Normal	19,8	19,5	18,8	29,1
	Sen	19,8	19,9	19,1	29,2

Vattenhalten i de tre olika skikten redovisas i tabell 8, här kunde inga skillnader mellan leden utläsas på någon av försöksplatserna. Även fördelningen av kärnorna samt ojämnheten av såbotten och markytan bestämdes (resultat ej redovisade). Inga signifikanta skillnader fanns för de parametrarna.

Genomsläpplighet och skrymdensitet

Resultat för skrymdensitet och mättad genomsläpplighet för cylindrarna tagna på 10-15 cm djup redovisas i tabell 9. Några cylindervärden plockades bort då dessa cylindrar hade mycket halm, var ojämna eller hade stora synliga maskhål. Värdena analyserades sedan rutvis där värdet från varje ruta härrörde sig från två till fyra cylindrar.

För skrymdensiteterna var skillnaderna små mellan leden och inga skillnader kunde utläsas. Det var väldigt stor variation i genomsläpplighet inom varje led. Genomsläppligheten var något högre för tidig plöjning på Kuddby än normal och sen plöjning som låg ungefär lika. På Rydsgård var skillnaderna mycket små mellan leden, dock gav även här tidig plöjning högst genomsläpplighet. På Ultuna gav den tidiga och den normala plöjningstidpunkten högre genomsläpplighet än den sena plöjningen. Det fanns dock inga signifikanta skillnader i genomsläpplighet mellan leden på någon av platserna.

Aggregathållfasthet

Aggregatens hållfasthet redovisas i tabell 10. På Kuddby var det mycket små skillnader mellan de olika leden. På Rydsgård ser man den lägsta hållfastheten för den första bearbetningstidpunkten jämfört med de andra två (denna skillnad signifikant på 10% nivå). För Ultuna kan avläsas att hållfastheten var högre för de kultiverade leden än för de plöjda. Jorden togs från centrala matjorden under kultiveringsdjupet och detta gör att hållfastheten var högre i dessa led än de plöjda. Skillnaderna mellan hållfasthet för de olika tidpunkterna var dock små.

Tabell 9. Torra skrymdensiteter (g/cm^3) och genomsläpplighetskoefficienter (mm/h) på 10-15 cm djup för de plöjda leden. Inga signifikanta skillnader erhöles mellan leden

Plats	Led	Torr skrymdensitet	Genomsläpplighetskoefficient
Kuddby	Tidig plöjning	1,12	0,56
	Normal plöjning	1,13	0,34
	Sen plöjning	1,15	0,41
Rydsgård	Tidig plöjning	1,41	0,19
	Normal plöjning	1,42	0,13
	Sen plöjning	1,42	0,16
Ultuna	Tidig plöjning	1,32	1,20
	Normal plöjning	1,30	1,54
	Sen plöjning	1,28	0,50

Tabell 10. Aggregatens hållfasthet i kPa. Inga signifikanta skillnader erhöles mellan leden

Plats	Led	Hållfasthet
Kuddby	Tidig plöjning	629
	Normal plöjning	654
	Sen plöjning	625
Rydsgård	Tidig plöjning	1017
	Normal plöjning	1285
	Sen plöjning	1232
Ultuna	Tidig plöjning	986
	Normal plöjning	874
	Sen plöjning	926
	Tidig kultivering	1015
	Normal kultivering	1255
	Sen kultivering	1158
	Plöjning	929
	Kultivering	1142
	Tidig	1001
	Normal	1065
	Sen	1042

Mineralkväve i marken

Markens mineralkväveinnehåll ner till 90 cm djup vid de olika provtagningstillfällena redovisas i figur 4. I tabell 11 presenteras mängderna nitrat- och ammoniumkväve för nivåerna 0-30 cm, 30-60 cm samt 60-90 cm.

Värdena för Kuddby var mycket ojämna och flera analysvärden var orimligt höga. Resultaten från Kuddby utelämnas p g a dessa ojämnheter från vidare resonemang.

Mineralkvävemängderna och då främst nitrat ökade under hösten både på Rydsgård och Ultuna efter att marken plöjts. För Rydsgård minskade kvävehalterna på hösten i marken innan plöjning medan halterna på Ultuna ökade under hela hösten.

Vid den tredje plöjningstidpunkten var mängden mineralkväve på Rydsgård signifikant skild mellan de tre leden och låg på 61, 41 respektive 20 kg N/ha för tidig, normal respektive sen plöjning. Mineralkvävemängderna ändrades sedan till provtagningen i mars till 32, 23 respektive 20 kg N/ha (signifikant mer kväve i det tidigt plöjda ledet än i de andra två). För den tidiga och normala plöjningstidpunkten var det en minskning på 29 respektive 18 kg N/ha. Vid den sena plöjningen hade mineralkväveinnehållet inte ändrats från sen höst till tidig vår, dock hade nitratkvävehalten minskat med ca 4 kg NO₃-N/ha. För alla led återfanns det mesta av nitraten på våren i den djupaste nivån (60-90 cm) men det var signifikant mindre nitrat i det senast plöjda ledet i detta skikt jämfört med de två tidigare plöjda leden.

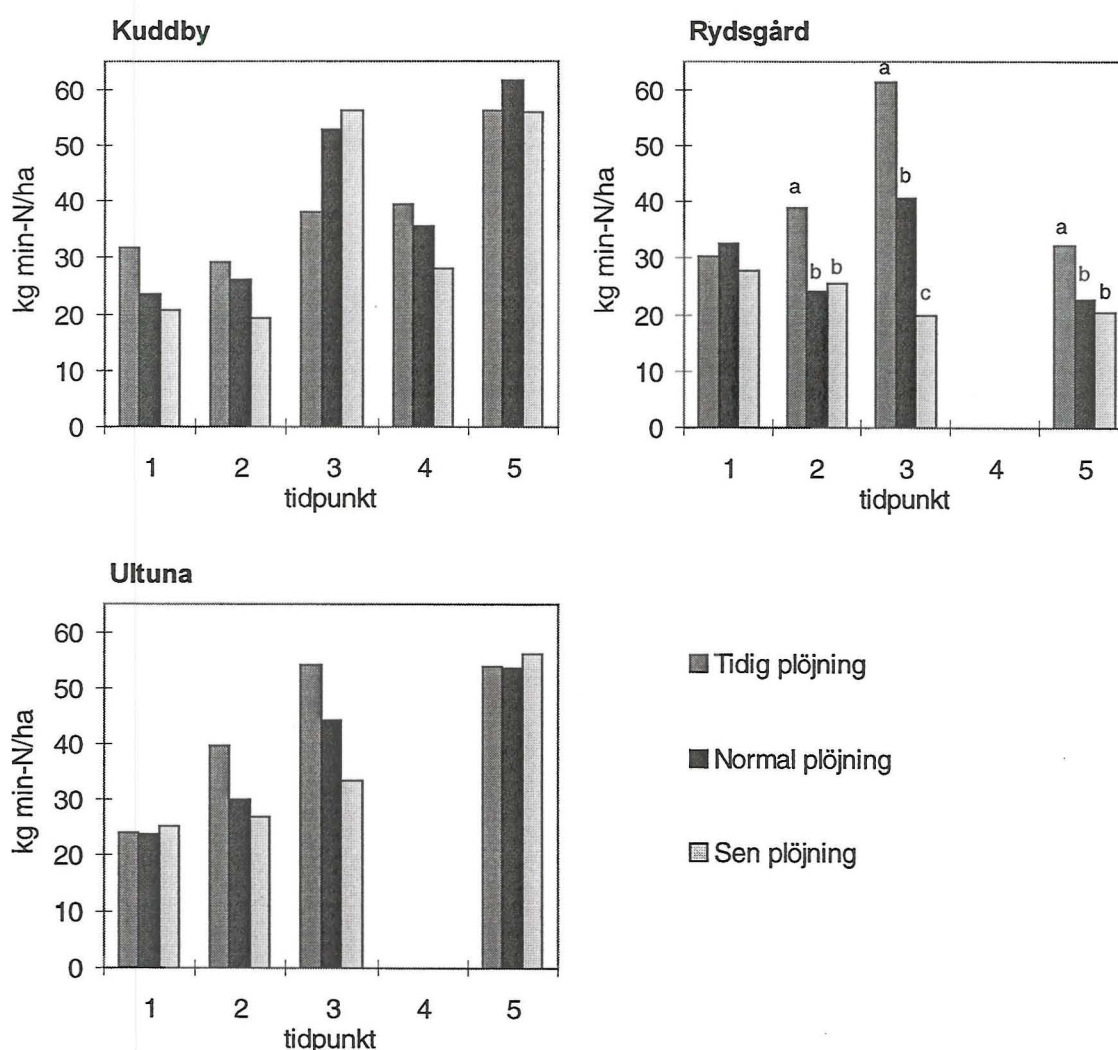
Mineralkvävemängderna på Ultuna vid sista plöjningstillfället var 54, 44 respektive 33 kg N/ha för de tre leden. På Ultuna var halterna mineralkväve i marken tidig vår mycket lika mellan

leden: 54, 54 samt 57 kg N/ha. Mängden mineralkväve hade ökat med 9 respektive 23 kg N/ha mellan december och mars för normal respektive sen plöjning. För den tidiga plöjningen skedde ingen ändring i totalkvävemängd men dock en minskning av nitratmängden med 3 kg $\text{NO}_3\text{-N/ha}$ för profilen under vintern. Även på Ultuna ökade mängden nitrat i det djupaste skiktet till våren, halterna vid denna tidpunkt var dock lika stora oavsett plöjningstidpunkt.

Mineralkvävemätningar gjordes på våren även i de kultiverade leden på Ultuna. Mängderna blev här 41, 47 respektive 46 kg N/ha för de tre bearbetningstidpunkterna. Dessa värden låg alltså ca 10 kg N/ha under de plöjda leden i slutet av mars.

Skörd

Skörderesultat redovisas i tabell 12. Inga signifikanta skillnader kunde ses mellan bearbetningstidpunkterna på någon provplats. På Ultuna gav dock kultivering signifikant högre skörd än plöjning.



Figur 4. Mineralkväve (kg N/ha) inom 0-90 cm markdjup i de plöjda leden för tidpunkterna 1-5: de tre plöjningstidpunkterna, januari samt slutet av mars. Staplar med olika bokstäver är signifikant skilda ($P < 0,05$).

Tabell 11. Halterna ammonium- och nitratkväve (kg N/ha) i nivåerna 0-30 cm, 30-60 cm och 60-90 cm samt summerat för 0-90 cm vid tidpunkterna 1-5: de tre bearbetningstidpunkterna samt i januari och slutet av mars. Värden med olika bokstäver är signifikant skilda ($P < 0,05$)

Fården med olika bokstaver är signifikant skillnad (p < 0,05)											
Plats	Led	Tidpunkt 1		Tidpunkt 2		Tidpunkt 3		Tidpunkt 4		Tidpunkt 5	
Djup (cm)		NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N
Kuddby											
0-30	Tidig plöjning	5,8	11,0	5,1	9,1	5,7	15,6	4,7	7,8	7,5	18,2b
	Normal plöjning	5,8	5,7	4,7	9,1	5,6	26,8	4,3	9,6	7,2	25,8a
	Sen plöjning	4,6	6,3	5,0	3,8	6,8	32,5	3,8	7,6	6,6	22,8a
30-60	Tidig plöjning	3,9a	2,4	4,0	2,3	3,4	5,2	3,4	10,6	3,9	12,7
	Normal plöjning	3,4b	2,0	3,4	2,4	4,2	7,4	3,0	7,6	3,8	11,1
	Sen plöjning	3,1c	1,3	3,5	1,2	3,6	6,3	2,8	5,6	4,3	9,0
60-90	Tidig plöjning	5,7	3,2	5,8a	2,9	4,7	3,3	4,2	8,8a	4,5	9,4
	Normal plöjning	5,0	1,7	4,9b	1,7	4,6	4,3	4,3	6,9a	4,8	9,0
	Sen plöjning	4,5	0,8	5,0b	0,8	4,2	3,1	3,8	4,5b	5,0	8,1
Summa	Tidig plöjning	15,3	16,6	14,9	14,3	13,9	24,1	12,4	27,2	15,9	40,3
	Normal plöjning	14,2	9,5	13,1	13,1	14,4	38,4	11,4	24,1	15,9	45,9
	Sen plöjning	12,2	8,4	13,5	5,8	14,5	41,9	10,4	17,6	15,9	40,0
Rydsgård											
0-30	Tidig plöjning	6,7	10,6	9,1	16,8a	8,3	32,1a			8,2	6,6a
	Normal plöjning	6,9	10,8	7,4	4,6b	6,7	19,9a			7,5	1,2b
	Sen plöjning	6,2	8,9	6,9	4,9b	6,9	4,2b			10,2	0,4b
30-60	Tidig plöjning	4,0	4,1	4,5	4,8	3,6	10,3a			3,6b	3,9
	Normal plöjning	3,9	4,2	4,8	3,7	4,4	5,9b			3,1b	0,6
	Sen plöjning	5,0	3,3	5,1	4,5	3,4	2,8b			4,6a	0,1
60-90	Tidig plöjning	2,4	2,6	2,1	1,6	2,1	5,0			2,1	7,7a
	Normal plöjning	3,2	3,9	2,3	1,2	1,9	1,9			2,4	7,9a
	Sen plöjning	3,0	1,4	2,4	1,7	1,8	0,8			2,2	2,9b
Summa	Tidig plöjning	13,1	17,3	15,7	23,1a	14,1	47,3a			14,0	18,3a
	Normal plöjning	13,9	18,9	14,6	9,5b	13,0	27,7b			12,9	9,8b
	Sen plöjning	14,1	13,6	14,4	11,1b	12,2	7,8c			17,0	3,4c
Ultuna											
0-30	Tidig plöjning	7,7	5,8	6,2	21,2a	4,1b	31,8			6,7ab	19,5
	Normal plöjning	7,5	5,9	7,3	10,9b	5,0ab	21,3			5,5b	22,1
	Sen plöjning	8,8	6,2	5,9	9,8b	6,0a	13,2			7,8a	20,8
30-60	Tidig plöjning	4,3	1,0	3,7	3,5	3,8	10,2			4,1	14,3
	Normal plöjning	4,2	0,9	3,8	4,0	4,1	9,4			4,1	12,8
	Sen plöjning	4,1	0,7	3,4	3,6	3,3	6,7			4,4	13,5
60-90	Tidig plöjning	4,0	1,1	3,4	1,6	3,1	1,0b			3,0	6,5
	Normal plöjning	4,1	0,9	3,2	1,0	3,0	1,6a			3,1	6,2
	Sen plöjning	4,3	1,0	3,2	0,7	3,1	1,0b			2,8	6,8
Summa	Tidig plöjning	16,1	7,9	13,2	26,4	11,0	43,0			13,7ab	40,3
	Normal plöjning	15,8	7,8	14,1	15,9	12,0	32,3			12,6 b	41,1
	Sen plöjning	17,2	7,9	12,6	14,1	12,5	20,9			15,0 a	41,1

Tabell 12. Skörd i kg/ha för de tre bearbetningstidpunkterna. Värden med olika bokstäver är signifikant skilda ($P < 0,05$)

Plats	Led	Skörd	Relativtal
Kuddby	Tidig plöjning	6580	100
	Normal plöjning	6640	101
	Sen plöjning	6540	99
Rydsgård	Tidig plöjning	4960	100
	Normal plöjning	5380	109
	Sen plöjning	4980	100
Ultuna	Tidig plöjning	5140	100
	Normal plöjning	5170	100
	Sen plöjning	5150	100
	Tidig kultivering	5360	104
	Normal kultivering	5320	103
	Sen kultivering	5320	103
	Plöjning	5150b	100
	Kultivering	5330a	104
	Tidig	5250	100
	Normal	5240	100
	Sen	5230	100

DISKUSSION

Markfysikaliska egenskaper

I tabell 13 presenteras de bearbetningstidpunkter på varje försöksplats som gav störst andel fina aggregat efter bearbetningen, störst andel fina aggregat i såbädden, lägst skrymdensitet, högst genomsläpplighet och lägst aggregathållfasthet där skillnader fanns oavsett om de var signifikanta.

En jordbearbetning vid optimal vattenhalt ska bilda maximalt antal små aggregat (Dexter, 2000). På Rydsgård var jorden kompakt och bestod av stora jordklumpar efter alla plöjningstidpunkterna. Detta kan bero på att vattenhalten i marken redan vid den första tidpunkten var hög (0,9 x undre plasticitetsgränsen). På Kuddby var vattenhalten vid denna tidpunkt, som gav störst andel fina aggregat, lägre än på Rydsgård. Jorden på Rydsgård har dessutom högre plasticitet än på Kuddby. Detta beror på att leran i Skåne till större del består av lermineralen smektit och montmorillonit som är mer plastiska än illit som är det dominerande lermineralet i Mellansverige (Arvidsson, 2000, pers medd). Plasticitet skulle utöver lerhalt kunna vara ett mått på en jords känslighet för packning. På Ultuna finns bara resultat från tidig och sen bearbetning. Plöjning gav många stora aggregat för båda dessa tidpunkter vilket kan ha berott på att jorden var för torr vid första plöjningstidpunkten (0,6 x undre plasticitetsgränsen) och för våt vid den sena (över undre plasticitetsgränsen). Tidig kultivering på Ultuna gav dock mycket högre andel fina aggregat än sen kultivering.

Tabell 13. Sammanställning av de bearbetningstidpunkter (tidig, normal eller sen) på varje försöksplats som gav störst andel fina aggregat vid grundbearbetningen, störst andel fina aggregat i såbädden, lägst skrymdensitet, högst genomsläpplighet samt lägst aggregathållfasthet

Plats	Störst andel fina aggregat efter bearbetning	Störst andel fina aggregat i såbädden	Lägst skrymdensitet	Högst genomsläpplighet	Lägst aggregathållfasthet
Kuddby	tidig	tidig		tidig	
Rydsgård		tidig			tidig
Ultuna	tidig*	tidig - normal		normal -tidig	

* av sen och tidig kultivering

Markstrukturen året efter bearbetning beror inte bara på vattenhalten vid bearbetning utan också på den tid som finns tillgänglig för strukturbildning. Detta beror på att en god struktur på en lerjord till stor del uppkommer p g a vätning och upptorkning samt cykler med tjälning. Resultaten av de markfysikaliska undersökningarna som gjordes på våren var alltså påverkade såväl av bearbetningstidpunkt som vattenhalt vid bearbetning.

Såbädden på Kuddby var finast för tidig plöjning vilket stämmer bra med att denna tidpunkt även hade flest fina aggregat efter plöjning. Även på Rydsgård gav tidig plöjning finast såbädd, dock var såbädden grövre överlag än på de andra försöksplatserna. Detta kan härledas till den mycket kompakta strukturen som fanns i alla led efter plöjning på Rydsgård. Att tidig och normal plöjningstidpunkt på Ultuna gav fina såbäddar trots att jorden var mycket kompakt åtminstone efter tidig plöjning beror förmodligen på tjälens strukturbildande effekt.

En hög skrymdensitet skulle kunna tyda på packning, inga skillnader kunde dock märkas i skrymdensitet mellan de olika bearbetningstillfällena på någon av försöksplatserna. I studier angående plöjningens förmåga att återställa packningsskador (Arvidsson & Håkansson, 1996) konstaterades också att det mesta av packningseffekten med hänseende på skrymdensiteten försvann efter plöjning.

Då tabell 13 studeras kan det konstateras att den sena tidpunkten ej varit bäst ur struktursynpunkt för någon av undersökningarna. För Kuddby och Rydsgård var det den tidiga bearbetningen som gav bäst resultat och för Ultuna var det den tidiga eller den normala bearbetningstidpunkten. Dexter (2000) skriver att den undre plasticitetsgränsen ofta sätts som den övre gränsen för jordbearbetning. Bearbetningstidpunkterna då vattenhalterna låg över eller på gränsen till den undre plasticitetsgränsen (normal bearbetning på Kuddby och Rydsgård samt den sena bearbetningen på alla tre platserna) var förmodligen olämpliga för bearbetning ur markstruktursynpunkt i denna undersökning. Dexter (2000) nämner även att den optimala vattenhalten för bearbetning på flera jordar ligger runt 0,9 x undre plasticitetsgränsen. Vattenhalten vid de bearbetningstidpunkter som gav bäst markfysikaliska resultat låg på Kuddby runt 0,7 (tidig plöjning), på Rydsgård 0,9 (tidig plöjning) samt på Ultuna 0,6 och 0,9 (tidig och normal bearbetningstidpunkt) x undre plasticitetsgränserna. Exakt var den optimala vattenhalten för bearbetning ligger i förhållande till undre plasticitetsgränsen för dessa tre jordar går dock ej att konstatera efter dessa försök då bearbetning har skett vid för få olika vattenhalter och skillnaden i de markfysikaliska undersökningarna varit små.

Kväveomsättning

Att bearbetning av jorden ökade kväve mineraliseringen kunde konstateras både på Rydsgård och Ultuna. Om det antas att kväveförlusterna som skett från augusti till november varit lika i alla led betyder detta en högre mineralisering på Rydsgård med 40 kg N/ha för tidig plöjning jämfört med sen. För Ultuna var skillnaden i mineralkväve på senhösten 21 kg N/ha mellan tidig och sen plöjning. Det ser därför ut som plöjning gett mer stimulering av mineraliseringen på Rydsgård än på Ultuna. Det är dock svårt att spekulera i orsaker till detta då mekanismerna för ökad mineralisering vid jordbearbetning är dåligt undersökta. Dessa resultat är dessutom annorlunda mot de resultat som fåtts på lerjord på Lanna (Myrbeck, 2000) där endast liten skillnad i mineralkväve innehåll på senhösten mellan tidig och sen plöjning återfanns. Det är därför viktigt att finna faktorerna som leder till ökad mineralisering vid bearbetning.

Ökningen i mineralkväve mellan olika provtagningstillfällen visar på en nettomineralisering av kväve. Den synliga kväve mineraliseringen mellan augusti och mars uppgick på Ultuna till 30, 30 respektive 31 kg N/ha för tidig, normal och sen plöjning och på Rydsgård till 31 respektive 17 kg N/ha för tidig och normal plöjning. Hur stor den egentliga mineraliseringen var i de olika leden är dock oklart då ej exakta förluster är kända.

I de kultiverade leden på Ultuna där kväveprovtagning endast gjordes på våren var mängderna mineralkväve mindre än för de plöjda leden. Förmodligen har därför mineraliseringen varit lägre vid den reducerade bearbetningen än vid plöjning.

Minskning i mineralkväve mellan provtagningstillfällen kan både bero på nettoimmobilisering av kväve och kväveförluster som kväveläckage och denitrifikation av kväve. Teoretiskt sett borde kväve immobiliseras efter nedplöjning av kvävefattiga skörderester. Resultat i fält har dock ofta visat motsatsen. T ex efter plöjning på hösten på mojord i Västergötland (Lindén et al, 1999) skedde en nettomineralisering av kväve. Hur kväveförlusterna från jorden fördelar sig mellan utlakning och denitrifikation beror till stor del på syreförhållandena i jorden. Det kan vara värt att tänka på att skillnader i syreförhållanden troligen förekommer mellan oplöjda och plöjda led på hösten. Även porsystemen ändras av bearbetning, en jord med mer makroporer skulle göra att mindre vatten transporteras i jordvolymen. Detta skulle kunna minska utlakningen om kvävet finns i jordmassan (Hansen & Djurhus, 1997). Skillnader i utlakning av kväve kan därför finnas inte bara på skillnader i mineralkväve innehåll utan även på skillnader i syreförhållanden och porsystem mellan leden.

På Rydsgård syntes minskningar i mängden mineralkväve i leden med normal och sen plöjning mellan september till november vilket tyder på läckage av kväve redan på hösten och detta borde då också skett i det tidigt plöjda ledet. Kväve förlorades troligen också under vintern i alla led, för den sena plöjningen ändrades dock inte det totala mineralkväve innehållat från november till mars, men däremot minskade nitratkvävehalten lite. Nitratkvävehalten ökade dessutom i nivå 60-90 cm i alla led från sen höst till tidig vår vilket betyder att det skedde en nedtransport av nitrat. Mängden nitratkväve minskade med 29, 27 och 10 kg NO₃-N/ha för tidig, normal respektive sen plöjning under perioden september till mars. Detta betyder troligen att det skett ett kväveläckage och att läckaget varit högre ju tidigare plöjning utförts.

På Ultuna skedde endast en minskning i halten nitratkväve med 3 kg NO₃-N/ha i det tidigt plöjda ledet från december till mars. En nedtransport av kväve skedde dock i alla led då nitrathalterna i nivån 60-90 cm ökade från december till mars. Det fanns dock lika stora mängder nitratkväve i alla led på våren på denna nivå. Dessa resultat tyder alltså inte på några större skillnader i kväveutlakning mellan leden. Då profilen är en lerjord med vanligtvis god rotutveckling borde grödan efterföljande år kunna plocka upp kvävet som transporterats ner i profilen så att detta ej riskeras att lakas ut.

Då inte dräneringsvattnet analyserades kan inte några säkra slutsatser dras om hur stort läckaget var av kväve på de olika platserna. Uppskattning av läckaget skulle kunna göras med uträkningar av avrinningen från klimatdata men detta har inte rymts inom detta examensarbete.

Skörd

Skörden påverkades inte nämnbart av de olika bearbetningstidpunkterna på någon plats. Detta kan bero på att vattenförsörjningen inte var något problem denna sommar då nederbörden var stor. Större skillnader mellan leden skulle förväntas ett torrt år då såbäddens struktur blir viktigare för grödans uppkomst. Dessutom kan flera års körningar på jorden vid ogynnsamma förhållanden påverka växtproduktionen negativt i längden i och med packning.

SLUTSATSER

Generellt påverkades kvävemineraliseringen kraftigt av bearbetningen, och mer kväve fanns i profilen på senhösten ju tidigare plöjning skett både på Rydsgård och Ultuna. Analysresultaten från Kuddby var mycket ojämna och är därför osäkra.

På Rydsgård skedde tydliga minskningar av mängden nitratkväve under vintern i alla led. Detta tyder på ett kväveläckage som förmodligen var högre ju tidigare plöjning utförts på hösten. På Ultuna syntes dock endast en liten minskning av nitratkväve under vintern i det tidigt plöjda ledet och förmodligen skedde inget större läckage av kväve.

Vissa skillnaderna i de markfysikaliska resultaten kunde ses mellan de olika bearbetningstidpunkterna och dessa tyder på att den tidiga (på alla tre platser) eller normala (på Ultuna) bearbetningstidpunkten varit bäst ur struktursynpunkt. Några större skillnader i skörd mellan bearbetningstidpunkterna fanns dock inte på någon plats.

På Rydsgård skulle en lämplig strategi kunna vara att plöja sent då det kan minska kvävemineraliseringen, och ej har inverkat negativt på skörden trots lite sämre strukturegenskaper i marken. På Ultuna verkar plöjningstidpunkten haft liten betydelse för kväveläckaget, och eventuellt borde här då den sena bearbetningen undvikas då den ger något sämre markstruktur. Resultaten visar att det är viktigt med vidare studier för att kunna ge säkra rekommendationer om bearbetningstidpunkt för olika jordar i olika delar av Sverige.

ABSTRACT

The aim of this thesis was to investigate the timing effect of primary tillage on soil structure, nitrogen mineralisation and yield on heavy clay soils in a cropping system with spring-sown crops. Three experimental sites in Sweden were studied: Kuddby in Östergötland, Rydsgård in Skåne and Ultuna in Uppland (65, 42 and 56% clay in the topsoil, respectively). The treatments were: early, normal and late autumn ploughing. At Ultuna, also chisel tillage to 12 cm was carried out at the same time as ploughing.

The following properties were investigated to quantify the timing effect of tillage on soil structure; aggregate size distribution directly after primary tillage, seedbed quality, hydraulic conductivity, bulk density and aggregate tensile strength. To assess the nitrogen mineralisation, the nitrogen content in the 0-90 cm layer was analyzed on four to five occasions from late summer until early spring.

Results show that the time of tillage did affect some few of the soil structural properties on all three sites. Considering the effect on all the structural properties, the early tillage for Kuddby and Rydsgård, and the early and normal tillage for Ultuna gave the best results. The water content at these occasions was 0.7 x the lower plastic limit for Kuddby, 0.9 x the lower plastic limit for Rydsgård and 0.6 and 0.9 x the lower plastic limit for Ultuna. The water content at the other tillage occasions were all above or near the lower plastic limit for the soils.

The mineral nitrogen content increased during the autumn after ploughing at both Rydsgård and Ultuna (the results from Kuddby were highly variable and were not used for further analysis). At Rydsgård, the nitrogen content in November was 61 kg N ha⁻¹, 41 kg N ha⁻¹ and 20 kg N ha⁻¹ for early, normal and late ploughing, respectively. At Ultuna, the mineral nitrogen content in December was 54 kg N ha⁻¹, 44 kg N ha⁻¹ and 33 kg N ha⁻¹. At Rydsgård the amount of mineral nitrogen decreased during the winter and nitrate leaching was probably higher the earlier the autumn ploughing was done. At Ultuna, only a small decrease of nitrate was seen in the early ploughed plots during winter. Therefore, the leaching was probably low and no big difference between ploughing times was seen. The mineral nitrogen in the cultivated plots at Ultuna was only analysed in early spring. The amount of nitrogen was then approximately 10 kg N ha⁻¹ lower than for the ploughed plots.

For Rydsgård, the time of ploughing did probably affect nitrogen leaching to a large extent. Even though the soil structure seemed to be worse for late tillage, the yield was not affected. Therefore, the appropriate nitrogen conserving strategy for Rydsgård would be late tillage. However, for Ultuna the difference in nitrogen loss between tillage times was small, and earlier tillage would be preferred since late tillage had a negative effect on soil structure. Since these are only results from one year, further research of different soils is necessary to be able to advise on the proper tillage strategy to conserve nitrogen on clay soils.

REFERENSER

- Andersson, S. 1955. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. VIII. En experimentell metod. Institutionen för agronomisk hydroteknik, Kungliga lantbrukshögskolan. Uppsala.
- Aronsson, H. 2000. Utlakningsförsök för långsiktig kontroll av odlingssystem med vintergrön mark. Teknisk rapport 56. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Arvidsson, J. 1997. Soil Compaction in Agriculture - from Soil Stress to Plant Stress. Agraria 41. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Swedish University of Agricultural Sciences.
- Arvidsson, J. & Håkansson, I. 1996. Do effects of soil compaction persist after ploughing? Results from 21 long-term field experiments in Sweden. Soil Till Res. 39, 175-197.
- Arvidsson, J. & Pettersson, O. 1995. Jordpackning och markstruktur. Aktuellt från lantbruksuniversitetet 435. Uppsala
- Dexter, A.R. 2000. The Optimum Water Content for Tillage. Proceedings of the 15th Conference of ISTRO, USA.
- Dexter, A.R. & Kroesbergen, B. 1985. Methodology for Determination of Tensile Strength of Soil Aggregates. J Agr Eng Res. 31,139-147.
- Hansen, E.M. & Djurhuus, J. 1997. Nitrate leaching as influenced by soil tillage and catch crop. Soil Till Res. 41, 203-219.
- Heinonen, R. 1985. Soil Management and Crop Water Supply. Department of Soil Sciences. 4th edition. Swedish University of Agricultural Sciences.
- Hessel, K., Aronsson, H., Lindén, B., Stenberg, M., Rydberg, T. & Gustafson, A. 1998. Höstgrödor – Fånggrödor – Utlakning. Ekohydrologi 46. Avdelningen för vattenvårdslära. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Kritz, G. 1983. Såbäddar för vårstråsäd. En stickprovsundersökning. Rapport 65, Avdelningen för jordbearbetning, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Lindén, B. 1994. Jordbearbetning och kväveutlakningsrisker. Rapport 43, Södra jordbruksförsöksdistriktet, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Lindén, B., Aronsson, H., Gustafson, A. & Torstensson, G. 1993. Fånggrödor, direktsådd och delad kvävegiva – studier av kväveverkan och utlakning i olika odlingssystem i ett lerjordsförsök i Västergötland. Ekohydrologi 33, Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.

Lindén, B., Engström, L., Aronsson, H., Hessel Tjell, K., Gustafson, A., Stenberg, M., & Rydberg, T. 1999. Kväve mineralisering under olika årstider och utlakning på en mojord i Västergötland. Inverkan av jordbearbetningstidpunkter, flytgödseltillförsel och insådd fånggröda. Ekohydrologi 51, Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.

Lloyd, J. & Taylor, J.A. 1994. On the temperature dependence of soil respiration. *Funct Ecol*, 315-323.

Myrbeck, Å. 2000. Redovisning av undersökningarna år 2000 samt resultat 1997-2000 (försök R2-8408). Opublicerade.

Statens Naturvårdsverk & Statistiska Centralbyrån. 2000. Naturmiljön i siffror 2000. Sjätte utgåvan.

SAS. 1985. SAS User's Guide: Statistics. SAS Institute Inc., Cary, N C. USA.

SFS 1998:915. Förordning om miljöhänsyn i jordbruket.

SJVFS 1999:79. Statens jordbruksverks föreskrifter om miljöhänsyn i jordbruket.

Stenberg, M. & Aronsson, H. 1999. Plöj senare om minska risken för kväveutlakning. Fakta Jordbruk nr 2, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.

Stenberg, M., Aronsson, H., Lindén, B., Rydberg, T. & Gustafson, A. 1999. Soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses in soil tillage systems combined with a catch crop. *Soil Till Res.* 50, 115-125.

Personliga meddelanden

Arvidsson, J. 2000. Avdelningen för jordbearbetning, Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.

Jensen, L.S. 2000. Department of Agricultural Sciences, Royal Veterinary and Agricultural University. Denmark.

Schønning, P. 1999. Danmarks JordbrugsForskning, Afdeling for Plantevækst og Jord.

MEDDELANDEN FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Nr	År	
1	1992	Johan Arvidsson, Sixten Gunnarsson, Lena Hammarström Inge Håkansson, Tomas Rydberg, Maria Stenberg, Bo Thunholm: 1990 års jordbearbetningsförsök. 40 s.
2	1992	Mats Tobiasson: EKOODLAREN - En studie av ett kombinationsredskap för sådd och ogräshackning, utförd våren och sommaren 1991. Examensarbete. 19 s.
3	1993	Mats Tobiasson: Såbillar för reducerad bearbetning. Undersökningar av nya såbillar för odlingssystem med reducerad bearbetning, utförda 1991 och 1992. 23 s.
4	1993	Anna Borg: Flöden av kväve och fosfor i Forshällaåns avrinningsområde - beräkning av olika källors bidrag till växtnäringssläckaget. Examensarbete. 45 s. <i>Flows of nitrogen and phosphorus in the Forshällaån watershed - estimations of the contributions from different sources to the leaching of plant nutrients.</i> 45 pp.
5	1993	Thomas Grath: <i>Effects of soil compaction on physical, chemical and biological soil properties and crop production.</i> 101 pp.
6	1993	Estela Pasuquin: <i>Tillage influences on soil conditions and crop response under dry weather in the Philippines and in Sweden.</i> 62 pp.
7	1994	Hans Pettersson: Radhackning i stråsäd med ny hackutrustning. Examensarbete. 28 s. <i>Rowhoeing in cereals with new hoeing equipment.</i> 28 pp.
8	1994	Jörgen Lidström och Lars Olsson: Nya såmaskiner för reducerad bearbetning. Examensarbete. 57 s. <i>New drills for reduced tillage.</i> 57 pp.
9	1994	Sara Lindén: Tidig start och tillväxt av sockerbetor. Examensarbete. 37 s. <i>Early start and growth of sugarbeets.</i> 37 pp.
10	1994	Sasa Ristic och Tomas Rydberg. Optimering av bearbetningsintensitet och jordpackning samt studier av markfysikaliska orsaker till ojämna bestånd i oljeväxter. 13 s.
11	1994	Jennie Andersson: Vattenhaltsmätningar med TDR (time domain reflectometry) och neutronsond i försök med tidig sådd av korn. 37 s. <i>Soil moisture measurements with TDR (time domain reflectometry) and neutron probe in a field experiment of early sown barley.</i> 37 pp.

Nr	År	
12	1994	Anders Gustafsson: Totalinnehåll och djupfördelning av organisk substans i mångåriga plöjningsdjupsförsök. Examensarbete. 25 s. <i>Total content and vertical distribution of organic matter in long-term experiments with different ploughing depths. 25 pp.</i>
13	1995	Sixten Gunnarsson och Göran Kritz. Olika bearbetningssystem i potatisodlingen. 12 s. <i>Different tillage systems and potato growth. 12 pp.</i>
14	1995	Daniel Johansson: Groning och plantetablering vid låga temperaturer i kärlförsök och i fältförsök med tidig sådd. 35 s. <i>Germination and plant development at low temperature in pot and field experiments. 35 pp.</i>
15	1995	Åse Littorin Johansson: Radhackning i stråsäd. 28 s. <i>Row hoeing in cereals. 28 pp.</i>
16	1995	Johan Arvidsson: Återpackning vid sådd i plöjningsfri odling. 12 s. <i>Recompaction in ploughless tillage. 12 pp.</i>
17	1995	Inge Håkansson, Editor: <i>Reports of project works by participants in the course "Soil Tillage and Related Soil Management Practices". 73 pp.</i>
18	1995	Johan Arvidsson & Virginius Feiza: Låga ringtryck i odling med och utan plöjning. 20 s. <i>Low inflation pressure in conventional and ploughless tillage. 20 pp.</i>
19	1995	Anna Lena Carlsson: Näring, kadmium och bakterier i hushålls-avlopp - En fältstudie av ett urinsorterande avloppssystem med lecabädd i Östhammar. 50 s. <i>Plant nutrients, cadmium and bacteria in household wastewater - A field study of a urine separation system combined with a leca-filter in Östhammar. 50 pp.</i>
20	1996	Carl Blackert: Plöjningsfri odling och strukturräkning på ler jordar. Effekter på markfysikaliska egenskaper och avkastning. 29 s. <i>Ploughless tillage and structural liming on clay soils. Effects on soil physical characteristics and yield. 29 pp.</i>
21	1996	Johan Bengtson: Concorde - En utvärdering av ett redskap för harvning och sådd. 26 s. <i>Concorde - An evaluation of an implement for harrowing and sowing. 26 pp.</i>

Nr	År	
22	1996	Rickard Ivarsson: Plöjningsfri odling och strukturkalkning på lerjordar. Effekter på markbiologiska, markkemiska och markfysikaliska egenskaper, samt ogräs och skörd. 51 s. <i>Ploughless tillage and structural liming on clay soils 51 pp</i>
23	1996	Sasa Ristic: Tryck och tryckverkningar under olika traktorhjul. 24 s. <i>Soil compaction under different tractor wheels. 24 pp.</i>
24	1998	Thomas Wildt Persson: Markfysikaliska undersökningar på sockerbetsodlande gårdar. 37 s. <i>Soil physical investigations in sugar beet fields. 37 pp.</i>
25	1998	Lennart Olsson och Patrik Persson: Förändring i markvattenhalt vid odling av sockerbetor och vårstråsäd. 20 s. <i>Changes in soil water content in sugarbeet and spring-sown cereal crops.</i> 37 pp.
26	1999	John Löfkvist: Såbäddens betydelse för sockerbetans uppkomst och tillväxt. 45 s. <i>The importance of the seed bed for the emergence and growth of the sugar beet</i>
27	1999	Urban Svensson: Markfysikaliska undersökningar på sockerbetsodlande gårdar 1998. <i>Soil physical investigations in sugar beet fields 1998.</i>
28	1999	Erika Sjöberg, Lennart Olsson & Patrik Persson: En modell för beräkning av markens packningskänslighet under vegetationsperioden – mätningar och simuleringar på två skånska moränjordar. 32 s. <i>A model for calculation of soil compactability during the growing period – measurements and simulations on two moraine soils in southern Sweden.</i>
29	1999	Maria Stenberg, Helena Aronsson, Tomas Rydberg, Börje Lindén och Arne Gustafson: Inverkan av olika bearbetningstidpunkter på kväve mineraliseringen under vinterhalvåret och på kväveutlakningen i odlingssystem med och utan fånggröda. Resultat 1993-1999 från fältförsök R2-8405 i Halland. 18 s. <i>Influence of early or late autumn tillage on nitrogen Mineralization and nitrogen leaching in cropping systems with and without a catch crop. 18 pp.</i>
30	1999	Åsa Myrbeck: Växtnäringsflöden och balanser på gårdar med olika driftsinriktningar – En studie av 1300 svenska gårdar. 53 s. <i>Nutrient flues and balances in defferent farming systems – A study of 1300 Swedish farms. 53 pp.</i>

Nr	År	
31	2000	Magnus Melin: Sockerbetans uppkomst och tillväxt i olika såbäddar – en parstudie. 34 s. <i>The emergence and growth of sugarbeet in different seed Beds – a pair study. 34 pp.</i>
32	2000	Annika Hamilton Malmros: I huvudet på en sockerbetsodlare – en intervjuundersökning om beslutsgrunder hos sockerbetsodlare i Skåne. 59 s. <i>In the head of a sugar-beet grower – interviews to study the basis for decision-making among sugar-beet growers in Skåne. 59 pp.</i>
33	2000	Lars Pålsson: Försök med Kvernelands såplog. 32 s. <i>Field trials with the Packomat Seeder. 32 pp.</i>
34	2001	Nina Nordström: Jordbearbetningstidpunkt på hösten – inverkan på skörd, markstruktur och kväveutlakning. 23 s. <i>Time of primary tillage in the autumn – influences on yield, soil structure and nitrogen leaching. 23 pp.</i>